

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2000241763 A**

(43) Date of publication of application: **08.09.00**

(51) Int. Cl.

G02B 27/28

(21) Application number: **11046523**

(22) Date of filing: **24.02.99**

(71) Applicant: **TOKIN CORP KAWAKAMI
SHOJIRO**

(72) Inventor: **HONMA HIROSHI
MASUMOTO TOSHIAKI
TSUCHIYA HARUHIKO
KAWAKAMI SHOJIRO**

(54) **OPTICAL ISOLATOR**

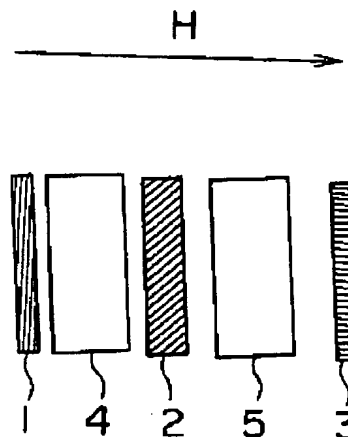
garnet thick film showing a square hysteresis curve.

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an inexpensive optical isolator which can be easily produced and which can keep the characteristics of a conventional isolator.

SOLUTION: This optical isolator consists of a reflective polarizer 1, 45° Faraday rotator 4, absorptive polarizer 2, 45° Faraday rotator 5 and reflective polarizer 3, each in a parallel plate form, arranged in this order as tilted from the optical axis of the incident light. The reflective polarizer 1 and absorptive polarizer 2, and the absorptive polarizer 2 and reflective polarizer 3 are disposed with the respective transmission polarizing direction making a 45° angle from each other. A magnetic field H is applied along the propagation direction of incident light to the 45° Faraday rotators 4, 5. Each of the reflective polarizers 1, 3 consists of a photonic crystal which does not require polishing and can be produced at a low cost. The absorptive polarizer 2 consists of a multilayered film with a semiconductor interposed between dielectric layers. Each of the 45° Faraday rotators 4, 5 consists of a hard magnetic



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-241763

(P2000-241763A)

(43)公開日 平成12年9月8日(2000.9.8)

(51)Int.Cl.

識別記号

F I

テ-マコード(参考)

G 0 2 B 27/28

G 0 2 B 27/28

A 2 H 0 9 9

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平11-46523

(22)出願日 平成11年2月24日(1999.2.24)

(71)出願人 000134257

株式会社トーキン

宮城県仙台市太白区郡山6丁目7番1号

(71)出願人 391006566

川上 彰二郎

宮城県仙台市若林区土樋236番地 愛宕橋

マンションファラオC-09

(72)発明者 本間 洋

宮城県仙台市太白区郡山6丁目7番1号

株式会社トーキン内

(74)代理人 100071272

弁理士 後藤 洋介 (外2名)

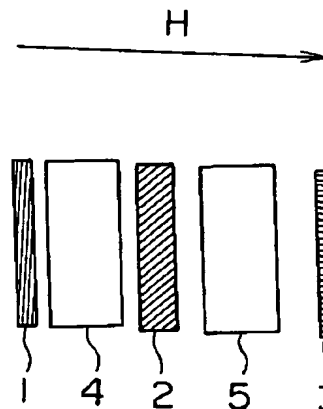
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光アイソレータ

(57)【要約】

【課題】 既存のアイソレータ特性を保持できると共に、製造が容易で低価格な光アイソレータを提供すること。

【解決手段】 この光アイソレータは、それぞれ平行平板の反射型偏光子1、45度ファラデー回転子4、吸収型偏光子2、45度ファラデー回転子5、及び反射型偏光子3をこの順で入射光の光軸に対して傾けて配備して構成されるもので、反射型偏光子1及び吸収型偏光子2と吸収型偏光子2及び反射型偏光子3とはそれぞれの透過偏光方向が互いに45度の角度を成すように設定され、ファラデー回転子4、5には入射光の進行方向に沿った磁界Hが印加される。反射型偏光子1、3は研磨が不要で容易にして安価に製造可能なフォトニック結晶から成り、吸収型偏光子2は半導体を誘電体で挟んだ構造の多層膜から成り、ファラデー回転子4、5は角形ヒステリシスカーブを持つ硬磁性ガーネット厚膜から成る。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 それぞれ平行平板の第1の偏光子、第1の45度ファラデー回転子、第2の偏光子、第2の45度ファラデー回転子、及び第3の偏光子をこの順に配備固定して成ると共に、該第1の偏光子、該第2の偏光子、及び該第3の偏光子のうちの少なくとも1つのものが反射型偏光子であり、残りのものが吸収型偏光子であることを特徴とする光アイソレータ。

【請求項2】 請求項1記載の光アイソレータにおいて、前記反射型偏光子はフォトニック結晶から成ることを特徴とする光アイソレータ。

【請求項3】 請求項1記載の光アイソレータにおいて、前記反射型偏光子はポリマー多層膜から成ることを特徴とする光アイソレータ。

【請求項4】 請求項1～3の何れか一つに記載の光アイソレータにおいて、前記第1の45度ファラデー回転子及び前記第2の45度ファラデー回転子には、角形ヒステリシスカーブを持つ硬磁性ガーネットが用いられたことを特徴とする光アイソレータ。

【請求項5】 請求項1～3の何れか一つに記載の光アイソレータにおいて、フェルール付き光ファイバが付設されたことを特徴とする光アイソレータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、主として光通信機器や光情報処理機器等に用いられると共に、入射光を一方方向にのみ透過させ、逆方向には遮断する光学素子である光アイソレータに関する。

【0002】

【従来の技術】一般に、光アイソレータは、例えば2枚の偏光子と磁界が印加されるファラデー回転子とを組み合わせて構成されている。実用化されている光アイソレータの場合、偏光子の材料には、複屈折単結晶プリズム、金属粒子を含むガラス偏光子、誘電体及び金属による複合多層膜等が用いられている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】上述した既存の光アイソレータの場合、偏光子の材料が高価である上、偏光子の製造に際して切断や研磨等の加工工程を要するため、こうした要因によって製造コストを低減化することが困難になっており、結果として光アイソレータ全体の価格が高価なものになってしまうという問題（実際に偏光子の製造コストが光アイソレータ全体の製造コストの約50%以上を占めることがある）がある。

【0004】本発明は、このような問題点を解決すべくなされたもので、その技術的課題は、既存のアイソレータ特性を保持できると共に、製造が容易で低価格な光アイソレータを提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、それぞ

れ平行平板の第1の偏光子、第1の45度ファラデー回転子、第2の偏光子、第2の45度ファラデー回転子、及び第3の偏光子をこの順に配備固定して成ると共に、該第1の偏光子、該第2の偏光子、及び該第3の偏光子のうちの少なくとも1つのものが反射型偏光子であり、残りのものが吸収型偏光子である光アイソレータが得られる。

【0006】この光アイソレータにおいて、反射型偏光子はフォトニック結晶から成ることや、或いはポリマー多層膜から成ることは好ましい。

【0007】又、本発明によれば、上記何れか一つの光アイソレータにおいて、第1の45度ファラデー回転子及び第2の45度ファラデー回転子には、角形ヒステリシスカーブを持つ硬磁性ガーネットが用いられた光アイソレータが得られる。

【0008】更に、本発明によれば、上記何れか一つの光アイソレータにおいて、フェルール付き光ファイバが付設された光アイソレータが得られる。

【0009】

【発明の実施の形態】以下に幾つかの実施例を挙げ、本発明の光アイソレータについて、図面を参照して詳細に説明する。

【0010】図1は、本発明の実施例1に係る光アイソレータの基本構成を示した側面図である。この光アイソレータは、それぞれ平行平板の反射型偏光子1、45度ファラデー回転子4、吸収型偏光子2、45度ファラデー回転子5、及び反射型偏光子3をこの順で入射光の光軸に対して傾けて配備して構成されるもので、反射型偏光子1及び吸収型偏光子2と吸収型偏光子2及び反射型偏光子3とはそれぞれの透過偏光方向が互いに45度の角度を成すように設定され、45度ファラデー回転子4、5には入射光の進行方向に沿った磁界Hが印加される。

【0011】このうち、反射型偏光子1、3はフォトニック結晶から成り、吸収型偏光子2は半導体を誘電体で挟んだ構造の多層膜から成り、45度ファラデー回転子4、5は角形ヒステリシスカーブを持つ硬磁性ガーネットである $\text{Eu}_{0.9}\text{Ho}_{0.1}\text{Fe}_{4.2}\text{Ga}_{0.8}\text{O}_{12}$ ガーネット厚膜から成る。

【0012】ここで、反射型偏光子1、3に用いられるフォトニック結晶は、屈折率の周期構造によりフォトニックバンドギャップが生じる物体として知られるが、詳しくはそれを応用した透明な2種類の物質から成る2次元的な周期構造を持つものであり、このフォトニック結晶を適切に設計すれば、同一波長の或る方向の偏光成分はフォトニックバンドギャップに入ってフォトニック結晶内に存在し得ずに反射し、それと垂直な方向の偏光成分はフォトニックバンドギャップに入らずにフォトニック結晶を透過するように動作する。

【0013】フォトニックバンドギャップを持つために

は、2種類の物質の屈折率比が2倍以上必要であるため、ここでは半導体である水素化アモルファスシリコン（ $a\text{-Si:H}$ 屈折率3.4）と SiO_2 （屈折率1.44）との組み合わせを用いるものとする。フォトニック結晶による反射型偏光子1、3を作製する場合、 SiO_2 基板上に溝を形成し、その SiO_2 基板上に溝の形が保存されるようにバイアススパッタリングによって水素化アモルファスシリコンと SiO_2 とを交互に積層すれば良い。

【0014】このフォトニック結晶による反射型偏光子1、3は、容易に製造可能であり、しかも大面積で構成可能であると共に、研磨が不要であることによって製造コストを安価にできる上、対環境特性に優れることが特徴となっている。

【0015】図2は、この光アイソレータにおける透過光の光路を説明するために示した各光学素子の側面図であり、同図（a）は順方向の入射光に関するもの、同図（b）は逆方向の入射光に関するものである。尚、図2（a）並びに図2（b）中の各光学素子の近傍に示される双方向の矢印は、各光学素子における入射光の偏光分離の方向を示すものである。

【0016】先ず、図2（a）を参照すれば、順方向の入射光の場合、右向き直線状太線矢印で示される光路に沿った入射光が反射型偏光子1に入射した後、そのまま光路に沿って反射型偏光子1、45度ファラデー回転子4、吸収型偏光子2、45度ファラデー回転子5、及び反射型偏光子3を透過してから出射する。

【0017】次に、図2（b）を参照すれば、逆方向の入射光の場合、左向き直線状太線矢印で示される光路に沿った入射光が反射型偏光子3に入射する際、一部が斜め右向き細線矢印で示される光路に沿って反射し、他部が左向き細線矢印で示される光路に沿って反射型偏光子3及び45度ファラデー回転子5を透過して吸収型偏光子2に入射する。このとき、吸収型偏光子2に入射する光の偏光方向は反射型偏光子3の透過方向から45度回転しており、吸収型偏光子2に入射する光は大部分が吸収される。

【0018】又、吸収型偏光子2で吸収し切れなかった光は、左向き細点線矢印で示される光路に沿って吸収型偏光子2及び45度ファラデー回転子4を透過して反射型偏光子1に入射する。このとき、反射型偏光子1に入射する光の偏光方向は吸収型偏光子2の透過方向から45度回転しており、反射型偏光子1に入射する光は反射型偏光子1で斜め右向き細点線矢印で示される光路に沿って反射する。

【0019】更に、反射型偏光子1で反射した光は、45度ファラデー回転子4を透過して吸収型偏光子2に入射する。吸収型偏光子2に入射する光の偏光方向は反射型偏光子3の透過方向から45度回転しており、吸収型偏光子2に入射する光は吸収される。

【0020】このように、この光アイソレータの場合、逆方向の入射光は如何なる偏光成分も吸収されるため、既存のものと同程度のアイソレータ特性（挿入損失及び逆方向損失）を保持して光アイソレータとしての基本機能が得られる。特に、この光アイソレータの場合、一般的な2段型構成の場合と同様な理由でファラデー回転角の温度特性や波長特性によるアイソレーションの劣化を改善することが可能である。結果として、中心波長で50dBのアイソレーション、波長範囲 $\pm 30\text{nm}$ においてアイソレーション35dBが具現される。又、この光アイソレータの場合、反射型偏光子1、3の間に挟まれるように配備された45度ファラデー回転子4、5間に吸収型偏光子2が配備された構成であるため、順方向入射光の直線偏光の度合いが悪い場合でも戻り光が発生せず、これによってレーザダイオードの直近に配設する場合に適当となる。

【0021】図3は、本発明の実施例2に係る光アイソレータの基本構成を示した側面図である。この光アイソレータは、それぞれ平行平板の吸収型偏光子6、45度ファラデー回転子4、反射型偏光子7、45度ファラデー回転子5、及び吸収型偏光子8をこの順で入射光の光軸に対して傾けて配備して構成されるもので、吸収型偏光子6及び反射型偏光子7と反射型偏光子7及び吸収型偏光子8とはそれぞれの透過偏光方向が互いに45度の角度を成すように設定され、45度ファラデー回転子4、5には入射光の進行方向に沿った磁界Hが印加される。

【0022】このうち、吸収型偏光子6、8は半導体を誘電体で挟んだ構造の多層膜から成り、反射型偏光子7はポリマー多層膜から成り、45度ファラデー回転子4、5は角形ヒステリシスカーブを持つ硬磁性ガーネットである $\text{Eu}_{0.9}\text{Ho}_{0.1}\text{Fe}_{4.2}\text{Ga}_{0.8}\text{O}_{12}$ ガーネット厚膜から成る。

【0023】ここで、反射型偏光子7に用いられるポリマー多層膜は、複屈折を持つフィルムを100層程度積層したものであり、特定の方向の偏光成分に対して透過し、それに対して垂直な方向の偏光成分に対しては反射するように動作する。

【0024】このポリマー多層膜による反射型偏光子7は、ポリマーを積層するだけで容易に製造可能であり、しかも大面積で構成可能であると共に、研磨が不要であることによって製造コストを安価にできる。

【0025】図4は、この光アイソレータにおける透過光の光路を説明するために示した各光学素子の側面図であり、同図（a）は順方向の入射光に関するもの、同図（b）は逆方向の入射光に関するものである。尚、図4（a）並びに図4（b）中の各光学素子の近傍に示される双方向の矢印も、各光学素子における入射光の偏光分離の方向を示す。

【0026】先ず、図4（a）を参照すれば、順方向の

入射光の場合、右向き直線状太線矢印で示される光路に沿った入射光が吸収型偏光子6に入射した後、そのまま光路に沿って吸収型偏光子6、45度ファラデー回転子4、反射型偏光子7、45度ファラデー回転子5、及び吸収型偏光子8を透過してから出射する。

【0027】次に、図4(b)を参照すれば、逆方向の入射光の場合、左向き直線状太線矢印で示される光路に沿った入射光が吸収型偏光子8に入射する際、一部が吸収され、他部が左向き細線矢印で示される光路に沿って吸収型偏光子8及び45度ファラデー回転子5を透過して反射型偏光子7に入射する。このとき、反射型偏光子7に入射する光の偏光方向は吸収型偏光子8の透過方向から45度回転しており、反射型偏光子7に入射する光は大部分が斜め右向き点線矢印で示される光路に沿って反射する。

【0028】又、反射型偏光子7で反射した光は45度ファラデー回転子5を透過して吸収型偏光子8に入射する。このとき、吸収型偏光子8に入射する光の偏光方向は吸収型偏光子8の透過方向から90度回転しており、吸収型偏光子8に入射する光は吸収される。

【0029】更に、反射型偏光子7で反射し切れなかった光は左向き点線矢印で示される光路に沿って反射型偏光子7及び45度ファラデー回転子4を透過して吸収型偏光子6に入射する。このとき、吸収型偏光子6に入射する光の偏光方向は反射型偏光子7の透過方向から45度回転しているため、吸収型偏光子6に入射する光は吸収される。

【0030】このように、この光アイソレータの場合も、逆方向の入射光は如何なる偏光成分も吸収又は反射されるため、既存のものと同程度のアイソレータ特性（挿入損失及び逆方向損失）を保持して光アイソレータとしての基本機能が得られる。特に、この光アイソレータの場合も、一般的な2段型構成の場合と同様な理由でファラデー回転子の温度特性や波長特性によるアイソレーションの劣化を改善することが可能である。結果として、中心波長で50dBのアイソレーション、波長範囲±30nmにおいてアイソレーション35dBが具現される。又、この光アイソレータの場合も、吸収型偏光子6、8に挟まれるように配備された45度ファラデー回転子4、5間に反射型偏光子7が配備された構成であるため、順方向入射光の直線偏光の度合いが悪い場合でも戻り光が発生せず、これによってレーザダイオードの直近に配設する場合に適當となる。

【0031】図5は、実施例2の光アイソレータを用いた光学系装置の基本構成を示した側面図である。

【0032】この光学系装置は、レーザダイオード11、集光レンズ12、光アイソレータ13、及び光ファイバ14をこの順で配備して成る。この光学系装置において、レーザダイオード11からのビームが集光レンズ12で絞られる位置に光アイソレータ13を配設する場

合、光アイソレータ13のアパーチャ径を小さくすることが可能であるが、このことは各光学素子を含む光アイソレータ全体の小型化を具現させ、結果として製品のコスト削減化を可能にする。集光レンズ12によりビームが最も絞られる位置は、光ファイバ14がフェルルを有するものであればフェルル端面であり、このフェルル端面の直前位置に光アイソレータ13を配設することが有効となる。

【0033】この光学系装置の場合、光学素子全体に設定される傾きは4度であり、この4度の傾きが反射減衰量を確保するために有効となる。又、光ファイバ14がフェルルを有する場合には、フェルル端面もキャビラリを基準にして6.5度傾きを持たせれば同様に反射減衰量の確保に効果的となる。結果として、こうした条件を満たせば、反射減衰量55dB以上を具現できる。因みに、このような光学系装置の構成は、図1に示した光アイソレータを対象にしても同様に適用できる。

【0034】図6は、この光アイソレータ13をホルダ15を用いてフェルル付き光ファイバ18に接合した光学系装置の局部構成を示した側面断面図である。

【0035】この光学系装置では、ホルダ15の一方側にマグネット16を接着固定した上でマグネット16内に光アイソレータ13が非接触状態で収納されるように光アイソレータ13を接着固定すると共に、ホルダ15の他方側に上述したフェルル端面17を有するフェルル付き光ファイバ18をYAG溶接で接合固定することにより、フェルル付き光ファイバ18及び光アイソレータ13を一体化した構成としている。因みに、このような光学系装置の局部構成は、図3に示した光アイソレータを対象にしても同様に適用できる。

【0036】

【発明の効果】以上に述べた通り、本発明の光アイソレータによれば、それぞれ平行平板の第1の偏光子、第1の45度ファラデー回転子、第2の偏光子、第2の45度ファラデー回転子、及び第3の偏光子をこの順に配備固定して成る基本構成において、第1の偏光子、第2の偏光子、及び第3の偏光子のうちの少なくとも1つのものを反射型偏光子、残りのものを吸収型偏光子とすると共に、反射型偏光子を容易に製造可能で、且つ大面積で構成可能であって、しかも研磨が不要であることにより製造コストを安価にできるフォトリソグラフィ又はポリマーマル膜から成るものとしているので、光アイソレータ全体が既存のアイソレータ特性（挿入損失及び逆方向損失）を保持しつつ、従来よりも格段に製造が容易な上、大量生産可能で低価格に提供されるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1に係る光アイソレータの基本構成を示した側面図である。

【図2】図1に示す光アイソレータにおける透過光の光路を説明するために示した各光学素子の側面図であり、

(a) は順方向の入射光に関するもの、(b) は逆方向の入射光に関するものである。

【図3】 本発明の実施例2に係る光アイソレータの基本構成を示した側面図である。

【図4】 図3に示す光アイソレータにおける透過光の光路を説明するために示した各光学素子の側面図であり、(a) は順方向の入射光に関するもの、(b) は逆方向の入射光に関するものである。

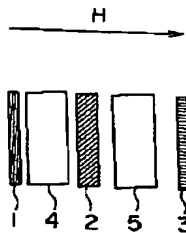
【図5】 図3に示す光アイソレータを用いた光学系装置の基本構成を示した側面図である。

【図6】 図3に示す光アイソレータをホルダを用いてフェルル付き光ファイバに結合した光学系装置の局部構成を示した側面断面図である。

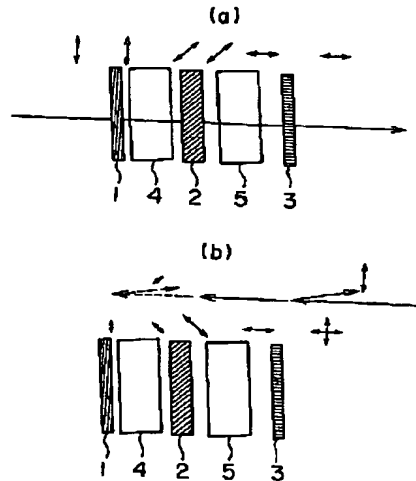
* 【符号の説明】

- 1, 3, 7 反射型偏光子
2, 6, 8 吸収型偏光子
4, 5 45度ファラデー回転子
11 レーザダイオード
12 集光レンズ
13 光アイソレータ
14 光ファイバ
15 ホルダ
16 マグネット
17 フェルル端面
18 フェルル付き光ファイバ
* H 磁界

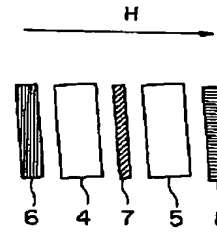
【図1】



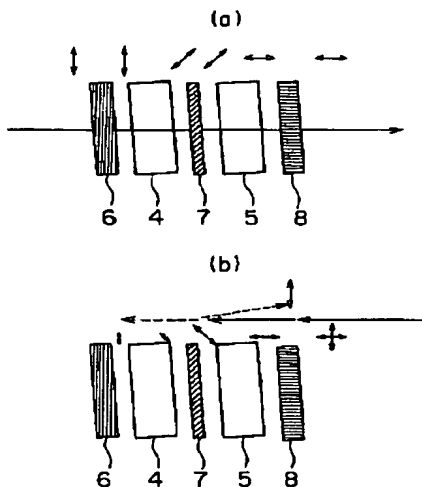
【図2】



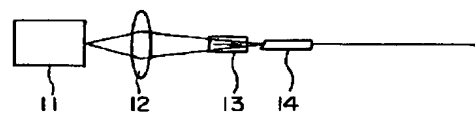
【図3】



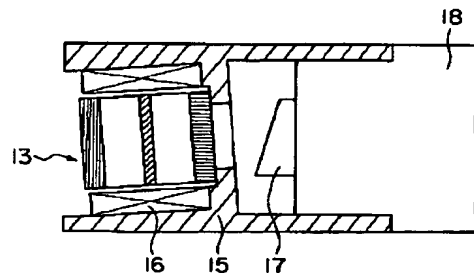
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 増本 敏昭
宮城県仙台市太白区郡山六丁目 7 番 1 号
株式会社トーキン内

(72)発明者 土屋 治彦
宮城県仙台市太白区郡山六丁目 7 番 1 号
株式会社トーキン内

(72)発明者 川上 彰二郎
宮城県仙台市若林区土樋 236 番地 愛宕橋
マンションファラオ C-09

F ターム (参考) 2H099 AA01 BA02 CA05 DA05